

Erde zustrebenden Asteroiden und dem Zeitpunkt seines Einschlags im Hinblick auf eine mögliche Abwehr kritisch. Deshalb kann solch eine Entdeckung gar nicht früh genug stattfinden.

Im Falle des berühmt-berüchtigten Asteroiden (99942) Apophis, der aufgrund seiner dichten Annäherung an die Erde im Jahr 2029 von sich Reden machte, ist bis auf weiteres Entwarnung angesagt. Dies veröffentlichten Małgorzata Królikowska und Kollegen im April 2009 auf astro-ph (0903.2727). Sie analysierten die vorhandenen Beobachtungsdaten und kamen zu dem Schluss, dass Apophis die Erdoberfläche am 13. April 2029 im Abstand von 5,1 Erdradien passieren wird – das liegt innerhalb des Radius des geostationären Orbits! Mit einer Grö-

ße von 270 Metern wird er dann vermutlich bereits mit einem Feldstecher auszumachen sein (siehe »Zum Nachdenken«).

Apophis, dessen Name dem Widersacher des Sonnengotts Ra aus der ägyptischen Mythologie entlehnt ist, befindet sich gegenwärtig auf der anderen Seite der Sonne und bleibt mit seinen 21 mag Helligkeit für Amateurteleskope unzugänglich. Eine gute Chance zur Beobachtung ergibt sich bei seiner nächsten Opposition im Januar 2013. Dann wird er immerhin 16 mag erreichen.

Weil die nicht hinreichend genau bekannte Bahn von Apophis unter dem störenden Einfluss der Planeten und anderer Asteroiden in der Zukunft zunehmend unschärfer wird, untersuchte Królikowska mit ihren Kollegen eine Reihe von benach-

barten Bahnen in einem sechsdimensionalen Parameterraum. So konnten sie Wahrscheinlichkeiten für eine Kollision bei bestimmten Erdpassagen bestimmen. Die Kollisionswahrscheinlichkeit für die Passage im Jahr 2036 beziffern sie zu $6 \cdot 10^{-7}$, die im Jahr 2037 mit $2 \cdot 10^{-6}$. Letzteres ist immerhin um den Faktor 30 wahrscheinlicher als ein Sechser im Lotto.

Turiner Skala

Mit der so genannten Turiner Skala wird das Einschlagsrisiko von Asteroiden und Kometen bewertet. Sie ist ein Hilfsmittel, um das Risiko einer Kollision und die Wirkung des Einschlags mit einer handlichen Zahl zu verdeutlichen. Das erste Objekt, das eine höhere Einstufung als eins erhielt, war Apophis. Und für wenige Tage erhielt er auf der Turiner Skala sogar Stufe vier. Mittlerweile ist sein Status jedoch wieder null. Stufe vier gilt für eine Annäherung, bei der die Kollisionswahrscheinlichkeit oberhalb von einem Prozent liegt und der Einschlag regionale Zerstörung verursacht.

Über Apophis muss man sich offenbar keine Sorgen machen, auch nicht über die anderen bekannten NEAs. Die Website *Near Earth Object Program* der NASA listet zeitnah die aktuellen Erdpassagen auf, rund 15 pro Monat. Die dichteste bis Ende September 2009 aufgeführte Annäherung führt den Asteroiden 1994 CC im sicheren Abstand von immer noch 6,6 Mondbahnradien an der Erde vorbei.

»Wahrscheinlicher als eine Kollision mit Apophis im Jahr 2036 ist, dass schon vorher ein bis heute unbekanntes Objekt einschlägt«, schloss Michael Khan von der Europäischen Weltraumbehörde ESA seinen Vortrag, den er im November letzten Jahres auf einem Fachsymposium über die Gefahren der Einschläge großer Himmelskörper hielt. Im Rahmen dieses interdisziplinären Wissenschaftsforums der Klaus Tschira Stiftung ließ Eberhard Faust von der Abteilung GeoRisikoForschung der Münchner Rückversicherungs-Gesellschaft AG in einem weiteren Vortrag verlauten, solche Einschläge seien volkswirtschaftlich nicht kalkulierbar und deswegen auch nicht versicherbar. AXEL M. QUETZ

ZUM NACHDENKEN

(99942) Apophis



Ein Einschlag des kleinen Asteroiden Apophis im Jahr 2029 ist offenbar nicht zu befürchten. Eine winzig kleine Chance in den Jahren 2036 und 2037 und darüberhinaus für ein solches Ereignis besteht jedoch weiterhin. Welche Bahnänderung müssten zukünftige Wissenschaftler und Ingenieure bewirken, um einen solchen Fall abzuwenden?

Aufgabe 1: Die absolute Helligkeit von Apophis beträgt $H_A = 19,7$ mag. Am 20./21. Januar 2013 steht Apophis in Opposition zur Sonne. Seine Erddistanz beträgt dann $\Delta_A = 0,1008$ AE, seine Sonnendistanz $r_A = 1,0645$ AE. Welche scheinbare Helligkeit m_A erlangt der Asteroid zu diesem Zeitpunkt? Ein näherungsweise Ergebnis liefert die Gleichung:

$$m_A = H_A + 5 \text{ mag} \cdot \lg(\Delta_A r_A / \text{AE}^2)$$

Aufgabe 2: In ihrer Ende 2008 in der Fachzeitschrift *Icarus* erschienenen Arbeit geben Richard P. Bizel et al. die mittlere Dichte von Apophis zu $2,4 \text{ g/cm}^3$ an. Der Durchmesser des Asteroiden beträgt 270 m. Man berechne seine Masse m .

Aufgabe 3: Die Exzentrizität der Umlaufbahn vom Apophis ist $e = 0,1912$ und seine große Bahnhalbachse ist

$a = 0,9224$ AE. Man gebe die daraus folgenden Werte der kleinen Halbachse b , des Perihelidistanz q und der Aphelidistanz Q an. Dabei gelten die fundamentalen Ellipsenbeziehungen $b = a(1 - e^2)^{1/2}$, $q = a(1 - e)$ und $Q = a(1 + e)$.

Aufgabe 4: Zur Rettung vor einer bevorstehenden Kollision werde die Exzentrizität beim Durchlaufen des Aphels so manipuliert, dass die kleine Halbachse um einen Betrag von der Größenordnung des Erdradius anwachse: $b_m = b + B$. Dabei sei $B = 6500 \text{ km} > R_{\text{Erde}}$. Die Geschwindigkeit von Apophis im Aphel ist:

$$v_Q = \sqrt{\frac{GM}{a} \frac{1-e}{1+e}} = f(e)$$

mit $B = 6,6743 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$, $M = 1,989 \cdot 10^{30} \text{ kg}$. Die neue Exzentrizität ist e_B und für die neue Bahn gilt dann $v_{Q,B} = f(e_B)$. Man berechne die zur Umformung der Bahn erforderliche Geschwindigkeitsdifferenz $\Delta v = v_Q - v_{Q,B}$. AMQ

Ihre Lösungen senden Sie bitte bis zum **15. Juni 2009** an: Redaktion SuW – Zum Nachdenken, Max-Planck-Institut für Astronomie, Königstuhl 17, D-69117 Heidelberg. Fax: (+49)0 6221-52 82 46. Einmal im Jahr werden unter den erfolgreichen Lösern Preise verlost: siehe Seite 107.

Literaturhinweis

W. F. Bottke Jr. et al.: *Asteroids III*, University of Arizona Press, Tucson, S. 485–500, 2002